

Orinoquia, Julio-Diciembre 2019;23(2):97-108

ISSN electrónico 2011-2629.

ISSN impreso 0121-3709.

<https://doi.org/10.22579/20112629.573>

Composición de anuro-fauna asociada a la cuenca baja del río Bojabá (Cubará-Boyacá, Saravena-Arauca)

Composition of anuro-fauna associated to the Bojaba river lower basin (Cubara-Boyaca, Saravena-Arauca)

Composição de anuro-fauna associada na bacia baxia do rio Bojaba (Cubará-Boyacá, Saravena-Arauca)

Alcibiades Escárraga-Saavedra¹; Jairo A. Camacho-Reyes²

¹ Biólogo, Estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Estudios Ornitológicos y Fauna Silvestre GEO, LS-406 Centro de Laboratorios-UPTC

² Biólogo, MSc, Profesor Asociado Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Email: alcibiades.escarraga@uptc.edu.co

Recibido: 02 de marzo de 2018

Aceptado: 06 de diciembre de 2019

Resumen

Se realiza un análisis de la composición y diversidad de la fauna anura asociada a la cuenca baja del Río Bojabá, en los municipios de Saravena-Arauca y Cubará-Boyacá, se reseña aspectos de números de especies, índices de diversidad verdadera y números efectivos de Hill. El muestreo se realizó en septiembre de 2013 y marzo de 2014 con dos temporalidades climáticas diferentes, en coberturas de bosque de galería, sabana y humedales. Se registran 231 ejemplares de anfibios, distribuidos en cinco familias, 10 géneros y 18 especies, la diversidad observada de orden $q=0$, $q=1$ y $q=2$ explicó que los humedales es la cobertura más diversa, sin embargo, $q=0$ indica que los bosques de galería podrían alojar más diversidad. Las especies encontradas provienen de planicies llaneras con adaptaciones fisiológicas a los ecosistemas intervenidos y con comportamiento generalistas.

Palabras claves: Diversidad; Especies; Números efectivos de Hill; Bosque de galería; Orinoquia

Abstract

An analysis of the composition and diversity of anura fauna associated with the lower Bojabá River basin, in the municipalities of Saravena-Arauca and Cubara-Boyaca, is carried out. Aspects of species numbers, true diversity indices and effective Hill numbers are reviewed. The sampling was carried out in September 2013 and March 2014 with two different climatic temporalities in gallery forest coverages, savanna and wetlands. 231 amphibian individuals are registered, distributed in five

Como Citar (Norma Vancouver):

Escárraga-Saavedra A, Camacho-Reyes JA. Composición de anuro-fauna asociada a la cuenca baja del río Bojabá (Cubará-Boyacá, Saravena-Arauca) Orinoquia, 2019; 23(2):97-108.
DOI:<https://doi.org/10.22579/20112629.573>

families, 10 genera and 18 species, the observed diversity of order $q = 0$, $q = 1$ and $q = 2$ explained that wetlands are the most diverse coverage, however, $q = 0$ indicates that gallery forests could accommodate more diversity. The species found come from eastern savannas with physiological adaptations to the intervened ecosystems and with generalist behavior.

Key words: Diversity; Species; Effective Hill Numbers; Gallery Forests; Orinoquia

Resumo

É realizada uma análise da composição e diversidade da fauna de anura associada à bacia inferior do rio Bojabá, nos municípios de Saravena-Arauca e Cubará-Boyacá, aspectos do número de espécies, índices verdadeiros de diversidade e números efetivos de Hill são revistos. A amostragem foi realizada em setembro de 2013 e março de 2014, com duas temporalidades climáticas diferentes na cobertura florestal de galeria, savana e pântanos, São registradas 231 espécimes de anfíbios, distribuídas em cinco famílias, 10 gêneros e 18 espécies, a diversidade observada de ordem $q = 0$, $q = 1$ e $q = 2$ explicou que os pântanos são a cobertura mais diversificada, no entanto, $q = 0$ indica que as florestas de galeria podem acomodar mais diversidade. As espécies encontradas são provenientes de planícies com adaptações fisiológicas aos ecossistemas intervenientes e com comportamento generalista.

Palavras chave: Diversidade; Espécie; Números do Hill Efetivos; Florestas da Galeria; Orinoquia

Introducción

Las zonas tropicales del planeta poseen mayor diversidad y riqueza de especies en relación con las franjas templadas y polares (Blanco *et al.*, 2017). A nivel estructural de las coberturas vegetales, se observa que los bosques maduros con dosel alto y denso, generan complejidad en los ecosistemas, incrementos de grupos funcionales, composición y riqueza de especies (Acevedo-Charry y Aide, 2019), en cambio, las coberturas arbustivas y de sabanas, la diversidad y riqueza de especies disminuye por incidencias directas de los procesos antrópicos de fragmentación y pérdida de hábitat (Bogaert *et al.*, 2011).

A nivel mundial la batracofauna está estimada en 8120 especies, distribuidas en 7164 anuros (ranas y sapos), caudata (salamandras) en 742 y 214 para Gymnophiona (Cecilias) (Frost-Darrel, 2019). En Colombia se estima 778, 26 y 33 especies para anuros, salamandras y cecilias respectivamente (Acosta-Galvis, 2019), la diversidad en el neotrópico está correlacionada con procesos ecológicos, históricos, producto de las condiciones de humedad, temperatura, heterogeneidad vegetal, orogenia, disponibilidad de recursos y la especificidad de algunas especies por bosques húmedos andinos y tierras adyacentes a la Amazonía (Padiál *et al.*, 2012). Cerca del 53% de la diversidad de los anfíbios se encuentran en el neotrópico (Young *et al.*, 2004), producto del levantamiento de la cordillera de los Andes, los procesos de glaciación del Mioceno al Holoceno (Muñoz-Ortiz *et al.*, 2015; Wiens, 2011), la extensa selva amazónica, las barreras geográficas que contribuyen a los procesos de especiación a través del tiempo en esta parte del planeta (Daza *et al.*, 2009; Wiens, 2011; Wiens *et al.*, 2011).

La diversidad puede verse favorecida por la historia de vida de las especies, tales como los modos reproductivos, especificidad a hábitats, patrones de colonización y efectos locales de clima (Haddad y Prado, 2005; Haddad y Sawaya, 2000). Existen diferentes variables físicas y biológicas que aportan a los procesos evolutivos y la diversidad de anfíbios; por consiguiente, en los últimos años se ha afrontado desafíos académicos para llenar lagunas o vacíos de conocimiento en los campos de la filogenia, biogeografía, diversidad, modelos de distribución y preferencias de hábitats, para resolver los procesos de diversificación, tamaños poblacionales y ecología de las especies (Bonetti y Wiens, 2014; Daza *et al.*, 2009; Rivera-Prieto *et al.*, 2014). No obstante, sin desconocer diferentes factores antrópicos, motores de fragmentación y pérdida de hábitat, operan de manera sinérgica en vía de la extinción de las especies, tales como la fragmentación de bosques, expansión de monocultivos, explotación minera, enfermedades derivadas del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), contaminación de agua y suelo por productos químicos y orgánicos (Angulo *et al.*, 2006; Lips *et al.*, 2001; Rengifo y Lynch, 2010; Stuart *et al.*, 2008).

Las tres cordilleras andinas que presenta Colombia y que atraviesan el país de sur a norte, posee el 60% aproximadamente de la fauna anura, en donde la cordillera Occidental y Central son las más diversas, mientras que, la Cordillera Oriental presenta los grados de endemismos más altos, y su diversidad es comparable con la Amazonia (Acosta-Galvis, 2000; Arroyo *et al.*, 2003; Lynch *et al.*, 1997), donde los grupos taxonómicos con mayor grado de endemismo para el país son Centrolenidae y Craugastoridae presentes en la Cordillera Oriental y su piedemonte (Lynch *et al.*, 1997).

En el país se han identificado catorce (14) familias de anuros (Acosta-Galvis, 2019), de las cuales doce (12) se encuentran en la Orinoquía colombiana (Meta, Casanare, Vichada y Arauca). Acosta-Galvis y Alfaro, (2011) reportaron 102 especies con distribución geográfica en uno o más de estos cuatro departamentos, mientras que (Acosta-Galvis, 2019) registra 35 especies de ranas para Arauca, equivalente al 4,9 % de los anuros del país.

Otros estudios en la Orinoquía colombiana son los de (Lynch, 2006), quien reportó 45 especies de ranas para el piedemonte llanero, por otro lado, Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona (2009) registraron 16 especies en tres coberturas vegetales diferentes para departamento del Meta. En Casanare Zorro (2007), reportó 17 especies en cinco hábitats y dos temporadas climáticas, Camacho y Camacho, (2010) estudiaron las composición de larvas en humedales con un registro de 13 taxones, los estudios de (Pedroza *et al.*, 2014) es el más completo con 46 especies, basado en las colecciones biológicas de los principales museos del país y registros en campo, por otro lado, Angarita (2014) reporta 25 especímenes de ranas, Acosta-Galvis *et al.*, (2016) hacen un nuevo reporte del genero *Pipa* para la Orinoquía colombiana y finalmente, Acosta-Galvis, (2017) obtiene un listado total de 26 especies en bosques de niebla y estribaciones del piedemonte llanero para el municipio de Yopal.

En general la Orinoquía colombiana presenta bajas tasas de diversidad y de endemidad, no obstante, las abundancias son altas, estas condiciones son atribuidas a escenarios ambientales alterados, procesos de intervención antrópica, entre ellos la ganadería, monocultivos, quemadas, deforestación, fragmentación y exploraciones petroleras, definidos como motores de la pérdida de la diversidad y cambios poblacionales de anfibios (Angarita, 2014); reflejado en el incremento de especies generalistas y reducción en grupos con especificidad de hábitats (Bogaert *et al.*, 2011).

Acosta (2000) indica que hay regiones de Colombia que científicamente están inexploradas, como el piedemonte Araucano, Casanare, Meta y las planicies del Guaviare, Vaupés y Vichada. Sin embargo, la problemática central de los anuros, es la reducción de la diversidad y los tamaños poblacionales a nivel nacional y mundial donde estos factores operan en su contra de manera sinérgica (Stuart *et al.*, 2008; Young *et al.*, 2004), por tal motivo, surge la necesidad de elaborar estudios de investigación sobre la diversidad de anfibios para la Orinoquía colombiana, puesto que, este grupo en su mayoría son bioindicadores del estado de calidad y conservación de los ecosistemas, la estabili-

dad ecosistémica y el rol primordial que juegan en las cadenas y redes tróficas (García *et al.*, 2005; Rengifo y Lynch, 2010). El presente estudio busca identificar la composición y la diversidad de especies de anuros en tres coberturas vegetales (bosques de galería, sabanas y humedales) y la variación de especies de tipo espacial y temporal en dos periodos climáticos en la cuenca baja del Río Bojabá.

Materiales y métodos

Área de estudio

Esta investigación se desarrolló en el Municipio de Saravena (6° 57' 17" N, -71° 52' 36" W) a 208 m de altitud, ubicado al noroccidente del departamento de Arauca y en el municipio de Cubará (7°00'03" N, 72°06'29" W) a 367 m, situado al nororiente del departamento de Boyacá (PIU Saravena, 2009; POT Saravena, 2000). Los dos municipios presentan condiciones ambientales influenciadas directamente por la Sierra Nevado del Cocuy, debido a su aproximación, el área de estudio cuenta con un régimen de precipitación de carácter unimodal, con lluvias en gran parte del año, media anual de 2945,5 mm, una humedad relativa media anual del 84% y una temperatura promedio anual de 25,5°C (IDEAM, 2012).

El Río Bojabá es la fuente abastecedora de acueductos veredales de los municipios de Cubará y Saravena (PIU Saravena, 2009); este río cuenta con una extensión máxima de 60 km, desde su origen en Laguna Verde en el Parque Nacional Natural el Cocuy a 4200 m, hasta su desembocadura en el río Arauca a 140 m de altitud. La cuenca baja del Río Bojabá presenta una extensión aproximada de 16 km de longitud *Figura 1*, dentro de este tramo se tomaron tres coberturas vegetales, con diferentes grados de intervención antrópica para el estudio de la fauna anura (Bosque de galería, sabanas y humedales), se tuvo en cuenta las coberturas vegetales más representativas de cada sector de muestreo, debido a la baja extensión en área de las demás coberturas vegetales para este sector de la cuenca.

Muestreo

La recopilación de los datos de campo se llevó a cabo durante un periodo de 15 días en la estación de lluvias en el mes de septiembre de 2013 y de 15 días en la estación seca del mes de marzo de 2014. Se definieron tres coberturas vegetales a lo largo de la cuenca baja del Río Bojabá (bosques de galería, sabanas y humedales) entre los 140 a 367 m de altitud, se de-

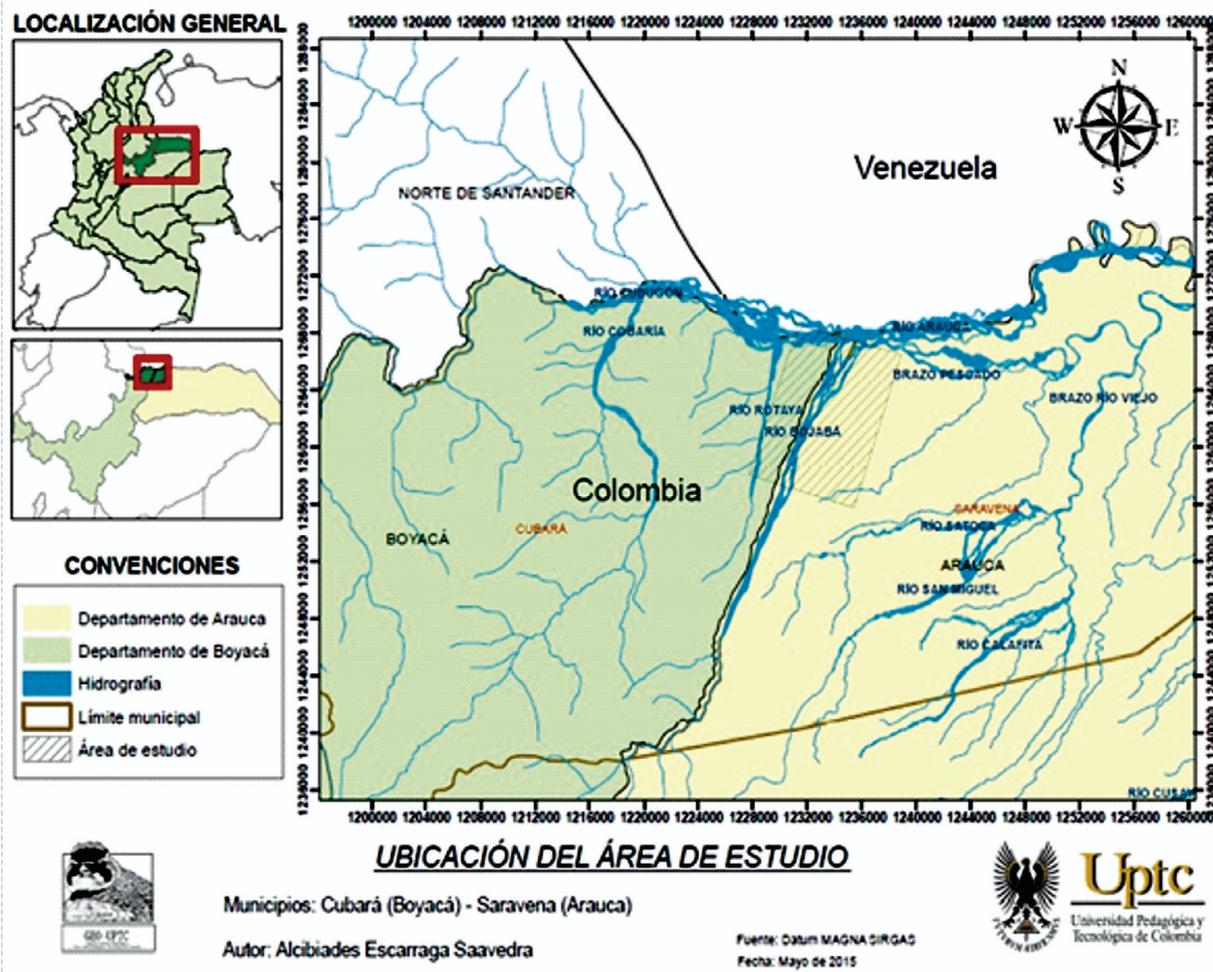


Figura 1. Ubicación geográfica de la investigación, Cuenca baja del río Bojabá (Saravena-Arauca y Cubará-Boyacá).

marcaron cuatro transectos lineales de 100 m x 2 m por cobertura, adicionalmente, se realizó un muestreo complementario con la técnica de encuentros visuales (VES) para cada sitio de estudio (Angulo et al., 2006; Heyer et al., 2001).

La búsqueda por encuentros visuales se llevó a cabo a lo largo de los transectos y áreas circundantes, lejos de senderos o caminos principales para disminuir los sesgos de encontrar especies comunes a lo largo de los caminos con el objeto de aumentar la variedad de especies de la comunidad (Villacampa et al., 2019). Los transectos fueron definidos dos días antes del muestreo para disminuir los sesgos por perturbación, los transectos fijados en la cobertura de bosque de galería se instalaron a más de 100 m desde el borde del bosque, para disminuir el efecto borde.

Cada cobertura vegetal fue muestreada por cuatro días y cuatro noches, los muestreos diurnos se realiza-

ron entre las 8:00 am y las 12:00 m y en la noche entre las 6:00 pm y 10:00 pm. Se registró todos los anuros detectados en una banda de dos metros del transecto y tres metros de altura, el muestreo se realizó a un ritmo de 20 minutos por transecto con dos observadores, los ejemplares registrados fueron depositados en bolsas de tela para su posterior identificación taxonómica. El esfuerzo de muestreo por cobertura vegetal fue de 64 horas/observador para cada temporada climática, para un total de 128 horas/observador por cobertura vegetal y un esfuerzo total de muestreo de 384 horas/observador (Angulo et al., 2006; Heyer et al., 2001; Lips et al., 2001).

Análisis de datos

En esta investigación se empleó un diseño de Muestreo Aleatorizado Sistemático (MAS) (Otzen y Mantrola, 2017), se definió como tratamiento los diferentes sectores de muestreo (humedal, pastizal y bosques de

galería) con sus respectivas temporadas climáticas (lluvias y sequía); los datos originales no presentaron una distribución normal, por tanto, se elaboró una transformación de los datos mediante el programa estadístico Past 2.17, utilizando el método (normalizar la longitud de la fila) que divide todos los valores por la distancia euclidiana del vector de cada fila de los datos (Hammer et al., 2001).

Para la estimación de los índices de diversidad verdadera o números efectivos de Hill (Hill, 1973) se utilizó el programa estadístico R Versión 3.6.2 (R Core Team, 2019). Calculamos la diversidad alfa para cada cobertura vegetal mediante el uso de los números efectivos de Hill: q_0 = Riqueza observada, q_1 = entropía de Shannon y q_2 = diversidad de Simpson, mediante el paquete estadístico de R iNEXT (Hsieh et al., 2016). Extrapolamos la riqueza observada a un tamaño de muestra ($n=38$) equivalente al doble de la muestra más pequeña, el máximo extrapolado de manera confiable (Villacampa et al., 2019) con un bootstrap de 500 y un intervalo de confianza del 95%.

Calculamos la diversidad beta o grado de reemplazo de la composición taxonómica mediante el coeficiente de Bray-Curtis con el programa estadístico de Past 2.17 (Hammer et al., 2001). Realizamos un análisis de componentes principales que permita explicar la mayor cantidad de varianzas en los datos multidimensionales a solo dos componentes, para ello se utilizó los datos transformados de las abundancias, aplicando una matriz de covarianza y un bootstrap de 500 (Harper, 1999).

Resultados

Se registraron 231 ejemplares en total, pertenecientes a 18 especies, agrupadas en diez géneros y cinco familias, las familias Hylidae y Leptodactylidae representaron respectivamente 44% y 33% de las especies registradas, seguido de las familias, Bufonidae 11%, Craugastoridae y Ranidae 6% *Figura 2*.

Las especies que se reportaron en las tres coberturas vegetales fueron *Scinax rostratus*, *Scinax ruber*, *Scinax wandae*, *Boana xerophylla*, *Dendropsophus mathiassoni*, *Leptodactylus fuscus*, *Physalaemus fischeri* y *Engystomops pustulosus* *Tabla 1*.

Las especies que se encontraron únicamente en las coberturas de humedales y sabanas son: *Rhinella marina*, *D. minutus*, *Pristimantis* sp y *Lithobates palmipes*; mientras que, *Leptodactylus colombiensis* y *Boana xerophylla* compartieron las coberturas de bosques de galería y sabana. Los taxones exclusivos por cobertura fueron:

en humedales *D. minutus*, para sabanas *Pristimantis* sp y *L. palmipes* mientras que, *Rhinella cf margaritifera*, *B. lanciformis*, *Lithodytes lineatus* y *Leptodactylus fragilis* fueron exclusivas para bosque de galería con bajas abundancias.

Los géneros *Scinax*, *Boana* y *Leptodactylus* presentaron la mayor riqueza de especies con tres taxones cada uno, seguido de *Rhinella* y *Dendropsophus* con dos. *Dendropsophus mathiassoni* fue el anuro más común con 51 ejemplares, equivalente al 22,1% de las abundancias relativas, de los cuales 34 corresponden a sabanas con preferencia a la época de lluvias. *Engystomops pustulosus* presentó el 15,6% de las abundancias, con valores altos para los humedales en la estación de lluvias; en tercer y cuarto lugar se observó a las especies de *L. fuscus* y *P. fischeri* respectivamente con 9,5% y 9,1% de las abundancias.

Los números efectivos de Hills muestran el orden de la diversidad obtenida para la cuenca baja del río Bojabá, en cuanto al análisis de diversidad de orden $q=0$ insensible a las abundancias (riqueza de especies) *Figura 3*; esta refleja que los humedales en estación lluviosa (HuLl) obtienen el menor número de especies (5.0), HuSe = 7.53, mientras que, las sabanas-lluvias SaLl = 11, sabanas-seca SaSe = 11 especies, con una cobertura de muestreo del 93% y 96% respectivamente, los bosques de galería en la estación lluviosa BoLl y bosques de galería estación seca BoSe ostentan 10 y 9.0 especies, con un estimador de la cobertura de muestreo del 82% y 86 %, con la extrapolación basada en el tamaño de la muestra, se podrán encontrar hasta 13.02 y 11.24 especies respectivamente para los BoLl y BoSe. La diversidad de orden $q=1$ (*Figura 3*, panel central) cuenta a los individuos de igual proporción (diversidad de Shannon), los números efectivos fueron: HuLl = 2.73, HuSe = 6.09, SaLl = 5.23, SaSe = 6.27, BoLl = 3.27 y BoSe = 5.19.

El análisis de la diversidad de orden $q=2$, la cual es sensible a los números efectivos de las especies dominantes (panel derecho) muestra los siguientes valores, HuLl = 2.73, HuSe = 4.96, SaLl = 3.30, SaSe = 4.82, BoLl = 2.61 y BoSe = 3.92, donde los humedales en época seca presentan la mayor diversidad de los números efectivos de Simpson.

Analizamos la representatividad del esfuerzo de muestreo para el estudio en la cuenca baja del Río Bojabá, se realizó una curva de completitud de la muestra *Figura 4*, se obtuvo que los humedales han abarcado el 100% de los estimadores de coberturas de referencia, es decir se registró todas las especies posibles en esta cobertura vegetal, las SaLl y SaSe abarcaron el 93% y

Tabla 1. Lista de especies y su respectiva abundancia relativa de la fauna anura en la cuenca baja del Río Bojabá (Arauca-Saravena, Cubará-Boyacá). Identificó: Rivera-Correa Mauricio & Escarraga-Saavedra Alcibiades (2014).

Familia	Especie	Humedales H	Humedales S	Sabana H	Sabana S	Bosque de Galería H	Bosque de Galería S	N
Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	2	3	-	5	-	-	10
	<i>Rhinella cf margaritifera</i>	-	-	-	-	1	6	7
Hylidae	<i>Scinax rostratus</i>	-	2	-	2	-	2	6
	<i>Scinax ruber</i>	8	-	3	2	2	-	15
	<i>Scinax wandae</i>	-	2	1	3	-	2	8
	<i>Boana xerophylla</i>	2	3	4	1	5	-	15
	<i>Boana punctatus</i>	-	-	1	3	9	2	15
	<i>Boana lanciformis</i>	-	-	-	-	4	1	5
	<i>Dendropsophus minutus</i>	-	2	-	-	-	-	2
	<i>Dendropsophus mathiassoni</i>	8	8	22	12	1	-	51
Leptodactylidae	<i>Lithodytes lineatus</i>	-	-	-	-	1	1	2
	<i>Leptodactylus fuscus</i>	-	8	10	2	1	1	22
	<i>Leptodactylus fragilis</i>	-	-	-	-	-	2	2
	<i>Leptodactylus colombiensis</i>	-	-	3	-	-	2	5
	<i>Physalaemus fischeri</i>	-	6	4	10	1	-	21
	<i>Engystomops pustulosus</i>	23	2	8	1	2	-	36
Craugastoridae	<i>Pristimantis sp</i>	-	-	1	7	-	-	8
Ranidae	<i>Lithobates palmipes</i>	-	-	1	-	-	-	1
TOTAL	18	43	36	58	48	27	19	231

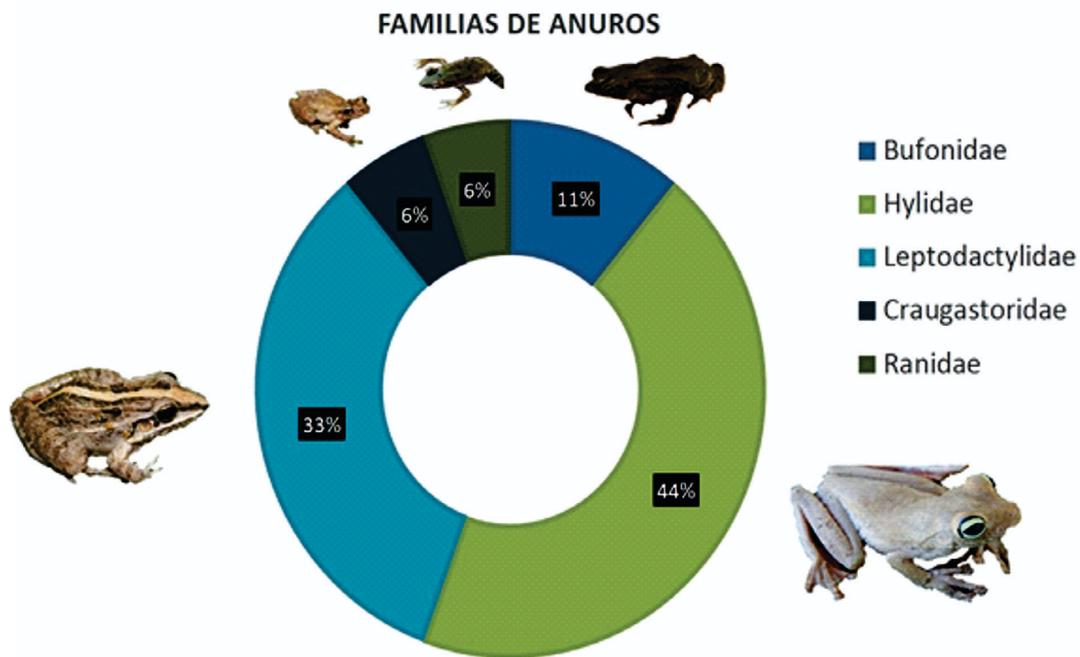


Figura 2. Representatividad de anuros en la cuenca baja del río Bojabá. (Arauca-Saravena y Cubará-Boyacá).

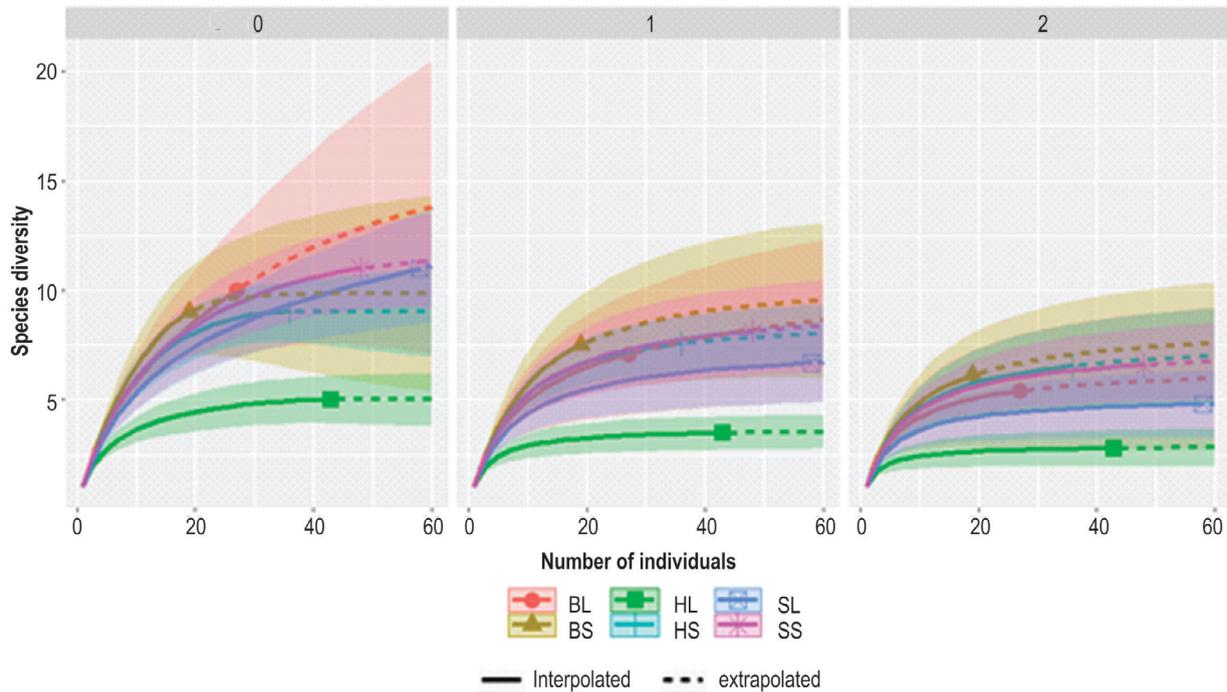


Figura 3. Curvas de muestreo basadas en el tamaño de la muestra, rarefacción basada en el número de individuos muestreados (línea continua) y extrapolación (línea discontinua) con intervalos de confianza del 95% (áreas sombreadas). Diversidad de orden $q=0$ (riqueza de especies, panel izquierdo), $q=1$ (diversidad de Shannon, panel central), $q=2$ (diversidad de Simpson, panel derecho).

96% de la especie y finalmente, los BoLL y BoSe estimaron el 82% y 86% de las especies respectivamente para la cobertura boscosa.

El análisis de similitud del coeficiente de correlación de Bray-Curtis, identificó cuatro agrupaciones, las SaLL y SaSe y los HuSe representan un 60% de similitud de especies, los BoLL y BoSe presenta los escenarios más desiguales con el 27% de la similitud y una disimilitud superior al 80% con otras coberturas vegetales *Figura 5*. Estadísticamente las coberturas de muestreo no reflejan diferencias significativas, pero a nivel ecológico se observó variaciones en abundancias y riqueza de especies *Tabla 1*.

El análisis de componentes principales (ACP) refleja que las especies tienden a establecerse en varias coberturas vegetales, la *Figura 6*, muestra la distribución espacio-temporal de los anuros registrados para la cuenca baja del Río Bojabá, los vectores indican el área y la temporalidad; *E. pustulosus*, *S. ruber*, *L. palmipes* y *B. xerophylla* revelan preferencias por los HuLL y SaLL, de igual manera, *D. mathiassoni* está asociada a SaLL, *L. fuscus* predomina en humedales y sabanas, mientras que, *P. fischeri*, *D. minutus*, *R. marina* y *Pristimantis* sp prefieren las áreas de SaSe y HuSe, de manera similar, *Rhinella* cf *margaritifera* y *L. fragilis* prefieren

los BoSe, finalmente, *B. lanciformis* y *B. punctatus* presentan exclusividad por el BoLL, en cambio, *S. wandae*, *S. rostratus*, *L. lineatus* y *L. colombiensis* coexisten en diferentes coberturas.

Discusión

El grupo Hylidae es el más diverso entre los anfibios, particularmente en el neotrópico (Faivovich *et al.*,

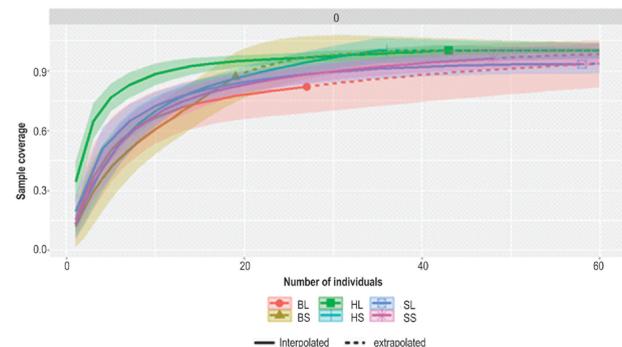


Figura 4. Curva de completitud de la muestra de la anurofauna asociada a la cuenca del Río Bojabá (Saravena-Arauca, Cubará-Boyacá), y = Cobertura de la muestra, x = tamaño de la muestra.

2005; Frost-Darrel, 2019). En Colombia ésta familia es la segunda más diversa, con predominancia por los ecosistemas boscosos (Suárez, 1999), sabanas y áreas abiertas (Lynch, 2006) dado que, este grupo presentan diferentes modos reproductivos asociados a cuerpos de agua lenticos y loticos (Haddad y Prado, 2005; Haddad y Sawaya, 2000), lo cual fue una condición dada y registrada durante el estudio.

Los representantes Leptodactylidae, grupo con predominancia en tierras bajas, altamente tolerantes a las actividades antropogénicas como la agricultura y ganadería (Lynch, 2006), con adaptaciones estrategias para sobrevivir largos periodos de sequía, cambios de patrones de actividad, habilidad para la captación de agua y estrategias para evitar la deshidratación (Saboyá-Acosta *et al.*, 2015), en las coberturas de sabanas se observó a este grupo realizar actividades de escavar, utilizar agujeros hechos por vacunos y equinos en el suelo para resguardarse y la deposición de huevos en cámaras subterráneas.

Las 18 especies registradas para la cuenca baja del Río Bojabá representan el 2,31% de la fauna anura del país, lo cual refleja una baja diversidad para la región de la Orinoquía. En contraste, con la región amazónica Wiens *et al.*, (2011) plantean las áreas potenciales de la diversidad de anuros a modo de distribución biogeográfica en el neotrópico, en la cordillera de los Andes y selva amazónica especialmente por factores de orogenia, barreras geográficas y patrones locales específicos; muchas de estas especies amazónicas han

ido colonizando áreas durante los periodos del Mioceno y Pleistoceno hacia la Orinoquía colombiana, no obstante, existen evidencias de tal suceso como expansión del género *Pipa* para Orinoquia colombiana y nuevos registros en localidades pocos estudiadas (Acosta-Galvis *et al.*, 2016).

De igual manera, se evidencia en la composición de especies reportada por diferentes investigadores en la Orinoquia, Galeano *et al.*, (2006) reportaron 158 especies para la región amazónica colombiana, Suarez, (1999) reportó un listado preliminar de 55 especies para en el departamento de Caquetá, Lynch (2006) registró 48 especies en el departamento del Meta, Pedroza *et al.*, (2014) encontraron 46 especies para Casanare y finalmente Acosta-Galvis, (2019) ha logrado consolidar una base de datos online donde el departamento de Arauca registra 35 especies; trabajos que respaldan la línea de tendencia gradual de diversidad de anuros propuesta por Wiens *et al.*, (2011) hacia el norte de la Amazonía en la región cisandina de la Orinoquía.

Los índices de diversidad verdadera (números efectivos de Hill) para el orden de diversidad $q=0$ reflejó que las sabanas presentan la mayor diversidad de especies, mientras que, el orden $q=1$ los HuSe y SaSe obtuvieron mayores números efectivos de Shannon, de igual manera, los órdenes de diversidad $q=2$ mostraron el mismo patrón; según las bases estadísticas del paquete de R iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016; Villacampa *et al.*, 2019) y la curva de muestreo basadas en el número

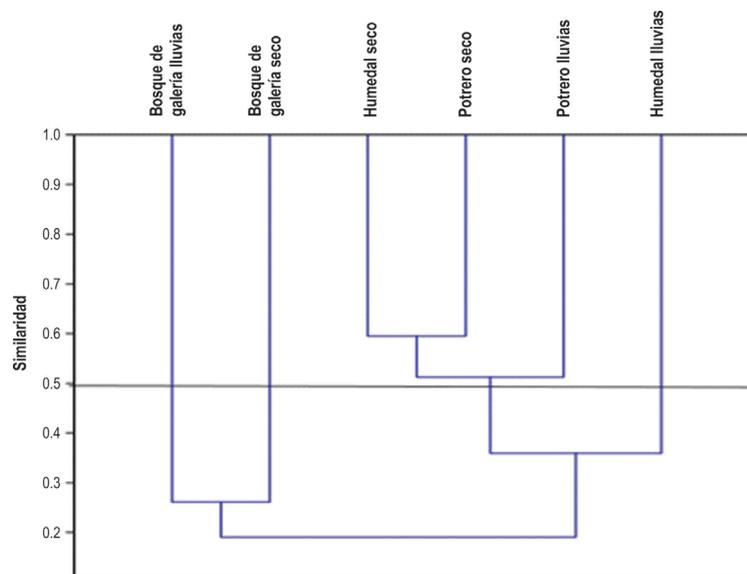


Figura 5. Dendrograma de similaridad de Bray-Curtis de las áreas de muestreo versus las dos temporalidades (Saravena-Arauca, Cubará-Boyacá).

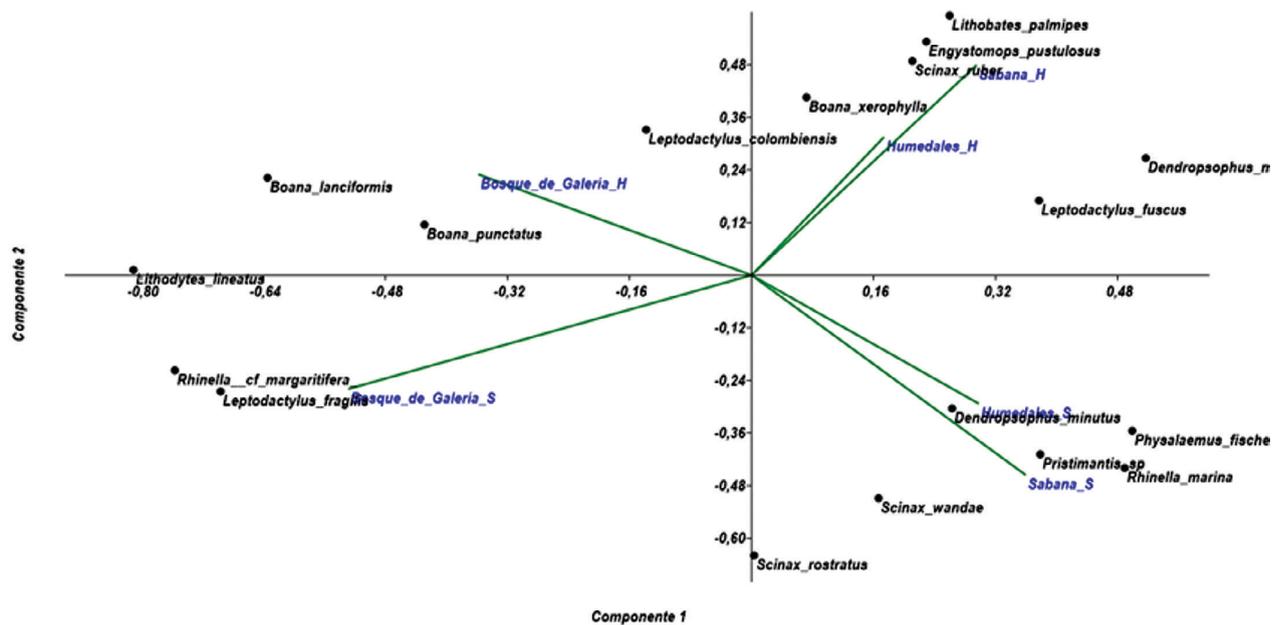


Figura 6. Distribución espacio-temporal de las especies de anuros en la cuenca baja del Río Bojabá (Saravena-Arauca, Cubará-Boyacá) (ACP).

de individuos de la muestra y los intervalos de confianza, estiman que con un mismo tamaño de muestra y cobertura la curva de rarefacción refleja un mayor número de especies para los boques de galería (Figura 3, panel izquierdo), a nivel ecológico, desde las propiedades biológicas de los anfibios, esta afirmación es respaldada dado que las estructuras boscosas presentan mayor complejidad ecosistémica, existencia de especies crípticas, alta disponibilidad de hábitats y micro hábitats (Acevedo-Charry y Aide, 2019) permiten que especies crípticas no hayan sido censadas en campo.

Las temporalidades secas en la cuenca baja del Río Bojabá presentó alta diversidad en relación con la estación húmeda, este fenómeno puede estar explicado en gran medida al comportamiento de las variables ambientales del municipio de Saravena y alrededores (IDEAM, 2012; PIU Saravena, 2009), donde se evidencia altas concentraciones de humedad atmosférica en la región durante el año (87% media anual), de igual manera, la cuenca baja del Río Bojabá presenta una formación de choque térmico entre las corrientes cálidas de aire de la planicie de la Orinoquía y las corrientes frías que descienden de la Sierra Nevada del Cocuy, fenómeno que provoca una zona de baja presión, dando origen a una alta nubosidad, humedad en el ambiente y precipitaciones inusuales durante el año, lo que puede generar temporadas de transición inusuales, factores que favorecen al establecimiento y

comportamiento reproductivo de los anuros (Haddad y Prado, 2005; Rengifo y Lynch, 2010).

Además, otro factor de la región que influye en la diversidad de los anuros en ambos periodos, es que gran parte de las especies registradas en la cuenca baja del Bojabá, presentan adaptaciones fisiológicas para tolerar y coexistir en ambientes de estrés hídrico, hábitats intervenidos y transformados por el hombre, caso puntual de los géneros *Leptodactylus*, *Rhinella* y algunas especies de Hylidos (Haddad y Prado, 2005). Los resultados obtenidos difieren drásticamente con lo reportado en la Orinoquía colombiana en estudios previos, donde el aumento de diversidad y riqueza de especies está estrechamente relacionado con las temporadas de lluvias, sin embargo, las abundancias fueron superiores en la temporada de lluvias, coincidiendo con los registros de (Zorro, 2007). En contraste, gran parte de los estudios de diversidad en anuros para el neotrópico muestran una sincronía con los regímenes de precipitación (Young et al., 2004), sin embargo, existen algunos lugares que no siguen este modelo; por otro lado, Muñoz-Ortiz et al., (2015) encontraron que las tendencias climáticas locales inciden directamente en el comportamiento de los anfibios, tasas de reproducción, abundancia y riqueza de especies, entre ellas: la alta humedad relativa, la heterogeneidad del hábitat, las fluctuaciones climáticas locales, factores extrínsecos e intrínsecos.

El análisis de componentes principales permitió situar algunos anuros en un campo bidimensional y georreferenciado, con base en las abundancias; las especies y las coberturas vegetales de muestreo establecidas para cada temporalidad climática, reportó que cinco especies *B. lanciformis*, *B. punctatus*, *L. lineatus* R. cf *margaritifera* y *L. fragilis* presentaron tendencias por los bosques de galería, la historia de vida demuestra que *B. lanciformis* y *B. punctatus* son de hábitos arborícolas, nocturnos con presencia en áreas poco intervenidas por el hombre y bosques nativos (Lynch, 2006). Las especies *L. lineatus* R. cf *margaritifera* y *L. fragilis* se observaron durante el día en hojarasca, sustratos con humedad, protección y camuflaje en áreas con baja incidencia solar, factor que coincide con los resultados del ACP.

Para el caso de *P. fischeri*, *D. minutus*, *D. mathiassoni*, *E. pustulosus*, *L. palmipes*, *S. ruber*, *S. rostratus*, *S. wandae* y *L. fuscus*, estas especies presentan adaptaciones fisiológicas y modos reproductivos que inciden en el establecimiento de las especies en coberturas con tensiones ambientales, tales como, sabanas inundables que están expuestas a la radiación solar, y los humedales sujetos a las condiciones atmosféricas de temporalidad. Una de las estrategias reproductivas de la familia *Hylidae* y *Leptodactylidae* es la liberación de sustancias gelatinosas o espumosas, las cuales permiten conservar la humedad y evitan la resequedad por el efecto de las fuertes temperaturas que pueden cambiar drásticamente en transcurso del día (Chejanovski y Wiens, 2014), aunado a las estrategias de excavación, uso de cámaras subterráneas, resguardo en agujeros hechos por animales domésticos y permanencia en lugares adyacentes a cuerpos de agua, les permite a las especies establecerse en diferentes coberturas vegetales (Wiens et al., 2011).

Conclusiones

La diversidad taxonómica de anuros para el estudio del Río Bojabá fue baja, dado que se registraron cinco familias, *Bufo*idae, *Leptodactylidae*, *Hylidae*, *Craugastoridae* y *Ranidae*, representadas en 10 géneros y 18 especies; equivalente al 2,31% de los anuros reportados para Colombia.

Las sabanas registraron el 45,8% de las abundancias, con 11 especies para cada temporada climática, la riqueza observada muestra que las sabanas presentaron la mayor riqueza de especies, sin embargo, los índices de diversidad verdadera de orden $q=0$, estiman que los bosques de galería pueden registrar más especies, puesto que, los análisis de cobertura de muestreo fueron del 82% y 86% respectivamente para la época de lluvias y sequía

en los bosques, versus las sabanas que registraron el 93% y 96% y finalmente los humedales con un 100% de cobertura de muestreo para las dos temporadas.

Los anfibios registrados en el presente estudio muestran propiedades de especies generalistas, visto que, el análisis de componentes principales no refleja asociaciones de especies para alguna cobertura vegetal en particular, esto puede darse a razón de que el área de estudio presenta altos niveles de intervención antrópica.

Agradecimientos

El presente trabajo surge gracias a las investigaciones lideradas por el Grupo de Estudios Ornitológicos y Fauna Silvestre GEO, ahora (Grupo de Estudios de Organismos), agradecemos el apoyo, la orientación, asesoría y consejos por parte del investigador PhD. Mauricio Rivera-Correa docente de la Universidad de Antioquia, al Biólogo y ex docente de la Uptc Pablo Emilio Rodríguez A. (Q.E.P.D) por la oportunidad brindada, al semillero de investigación del Grupo GEO por la ayuda personal y logística, al Biólogo Andrés Ovalle Pacheco, a don Noé y familia por la estadía en campo, a la comunidad del Río Bojabá por la seguridad y permiso de ingreso al territorio y la Lic. Angie P. Romero.

Referencias

- Acevedo-Charry O, Aide TM. Recovery of amphibian, reptile, bird and mammal diversity during secondary forest succession in the tropics. *Oikos*. 2019;128(April):1065-1078. <https://doi.org/10.1111/oik.06252>
- Acosta-Galvis, Andrés R. Batracofauna de los bosques de niebla y estribaciones piemontanas en el municipio Yopal (Casanare: Colombia). *Biota Colombiana*. 2017;18(1):281-314. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n01a17>
- Acosta-Galvis AR, Lasso CA, Morales-Betancourt MA. Ranas del género *Pipa* (Anura: Pipidae) de la Orinoquia colombiana: nuevos registros y comentarios sobre su taxonomía, distribución e historia natural. *Biota Colombiana*. 2016;17(2):98-109. <https://doi.org/10.21068/c2016.v17n02a08>
- Acosta-Galvis AR. Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana*. 2000;1(3):289-319.
- Acosta-Galvis AR. (2019). Lista de los Anfibios de Colombia. Retrieved December 12, 2019, from <http://www.batrachia.com>
- Acosta-Galvis AR, Alfaro JP. (2011). Anfibios del Casanare. In J. Usma & F. Trujillo (Eds.), *Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento* (p. 286). Bogotá, D.C. Colombia: Gobernación de Casanare-WWF Colombia.
- Angarita T. Diagnóstico del estado de conservación del ensamble de anfibios y reptiles presentes en los ecosistemas de sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia.

- Rev Acad Colomb Cienc. 2014;38(146):53-78. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.40>
- Angulo A, Rueda-Almonacid JV, Rodríguez-Mahecha JV, La Marca E. (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Bogotá, D.C. Colombia: Serie Manual de Campo N°2, Conservación Internacional.
- Angulo A, Rueda J, Rodríguez J, La Marca E. (2006). *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina* (Conservaci). Bogotá, D.C. Colombia: Conservación Internacional. Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Arroyo S, Jerez A, Ramirez-Pinilla MP. Anura from a cloud forest in the eastern Cordillera of Colombia. *Caldasia*. 2003;25(1):153-167.
- Blanco-Torres A, Bastidas-Molina B, Parra-Torres F. Variación espacial y temporal de la herpetofauna en ecosistemas de sabanas inundables de la Orinoquía-Colombia. *Caldasia*. 2017;39(2):354-369. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.63489>
- Bogaert J, Barima YSS, Waya-Mongo LI, Bamba I, Mama A, Toyi M, Laforteza R. (2011). Forest Fragmentation: Causes, Ecological Impacts and Implications for Landscape Management. In *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation* (Higher Edu, pp. 273-296). Berlin-Alemania.
- Bonetti MF, Wiens JJ. Evolution of climatic niche specialization: A phylogenetic analysis in amphibians. *Proc R Soc B*. 2014;281(1795). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3229>
- Cáceres-Andrade SP, Urbina-Cardona JN. Anuran ensembles inhabiting productive systems and forests at the Piedemonte Llanero, Meta department, Colombia. *Caldasia*, 2009;31(1):175-194.
- Camacho C, Camacho J.. Listado preliminar de larvas de anuros presentes en lagunas tropicales semipermanente y charcos temporales de sabana en época de altas lluvias, Yopal- Casanare. *Orinoquia*, 2010;14(2):83-91.
- Chejanovski ZA, Wiens JJ. Climatic niche breadth and species richness in temperate treefrogs. *J Biogeogr*. 2014;41(10):1936-1946. <https://doi.org/10.1111/jbi.12345>
- Daza JM, Smith EN, Páez VP, Parkinson CL. Complex evolution in the Neotropics: The origin and diversification of the widespread genus *Leptodeira* (Serpentes: Colubridae). *Mol Phylogenet Evol*. 2009;53(3):653-667. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.07.022>
- Faivovich J, Haddad CFB, García PC, Frost-Darrel R, Campbell J, Wheeler W. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bull Am Mus Nat Hist*. 2005;294:240.
- Frost-Darrel R. (2019). Amphibian Species of the World. <https://doi.org/10.5531/db.vz.0001>
- Galeano SP, Urbina JC, Gutiérrez PDA, Rivera M, Páez VP. (2006). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. In *Los Anfibios de Colombia, diversidad y estado del conocimiento* (p. 200). Bogotá, D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- García JC, Castro F, Cárdenas H. Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector La Romelia del Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia*. 2005;27(2):299-310.
- Haddad CFB, Prado CPA. Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bio Science*. 2005;55(3):207.
- Haddad CFB, Sawaya RJ. Reproductive Modes of Atlantic Forest Hylid Frogs: A General Overview and the Description of a New Mode1. *Biotropica*. 2000;32(4):862.
- Hammer Ø, Harper D, Ryan P. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron*. 2001;4(1):9.
- Harper DA. (1999). *Paleobiología numérica*. (John Wiley & Sons., Ed.).
- Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid R., Hayek L, Foster S. (2001). *Medición y monitoreo de la biodiversidad biológica*. Washington y Londres: Smithsonian Institution Press.
- Hsieh T, Ma K, Chao A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods Ecol Evol*. 2016;7(12):1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.1261>
- IDEAM. (2012). *Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales de Colombia. Estación climatológica de Saravena*. Saravena, Arauca.
- Lips K, Reaser J, Young B. El Monitoreo de Anfibios en América Latina: Un manual para coordinar esfuerzos. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Herpetological Circular*, 2001;30(11):1-115.
- Lynch JD. The Amphibia Fauna in the Villavicencio Region Of Eastern Colombia. *Caldasia*. 2006;28(1):135-155.
- Lynch JD, Ruiz-Carranza PM, Ardila-Robayo MC. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads (Patrones biogeográficos de las ranas y los sapos de Colombia). *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat*. 1997;21:237-248.
- Muñoz-Ortiz A, Velásquez-Álvarez ÁA, Guarnizo CE, Crawford AJ. Of peaks and valleys: Testing the roles of orogeny and habitat heterogeneity in driving allopatry in mid-elevation frogs (Aromobatidae: Rheobates) of the northern Andes. *J Biogeogr*. 2015;42(1):193-205. <https://doi.org/10.1111/jbi.12409>
- Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int J Morphol*. 2017;35(1):227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Padial JM, Chaparro JC, Castroviejo-Fisher S, Guayasamin JM, Lehr E, Delgado AJ, et al. A Revision of Species Diversity in the Neotropical Genus *Oreobates* (Anura: Strabomantidae), with the Description of Three New Species from the Amazonian Slopes of the Andes. *American Museum Novitates*. 2012;3752(3752):1-55. <https://doi.org/10.1206/3752.2>
- Pedroza-Banda R, Ospina-Sarria JJ, Angarita-Sierra T, Anganoy-Criollo M, Lynch JD. Estado del conocimiento de la fauna de anfibios y reptiles del departamento de Casanare, Colombia. *Rev Acad Colomb Cienc Exact Fis Nat*. 2014;38(146):17-34. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1497.1366>

- PIU Saravena. Plan Integral Único para la prevención y atención integral del desplazamiento forzado en el municipio de Saravena, Alcaldía municipal (2009). Colombia-Arauca.
- POT Saravena. Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Saravena (2000).
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing,. Retrieved from <http://www.r-project.org/>.
- Rengifo JT, Lynch JD. Anfibios presentes en tres unidades paisajísticas en el tramo Afirmado-Nuquí, departamento del Chocó, Colombia. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. 2010;29(2):211-220.
- Rivera-Prieto DA, Rivera-Correa M, Daza JM. A new colorful species of *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from the eastern flank of the Cordillera Central in Colombia. *Zootaxa*. 2014;3900(2):223-242. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3900.2.3>
- Saboyá-Acosta L, Montes-Correa A, Vergara-Ríos D, Ávila-Silva Y, Jiménez-Bolaños J, Renjifo JM. Herpetofauna del campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. *Rev Biodivers Neotrop*. 2015;5(1):54.
- Stuart S, Hoffmann M, Chanson J, Cox N, Berridge R, Ramani P, Young B. (2008). *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions Barcelona España IUCN Gland Switzerlan Conservation International (Vol. 7). Arlington, Virginia USA. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v7i2p149-150>
- Suárez M. Lista preliminar de la fauna anfibia presente en el transecto La montaña-Alto de Gabinete, Caquetá, Colombia. *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Fis Nat*. 1999;23:395-405.
- Villacampa J, Whitworth A, Allen L, Malo JE. Altitudinal differences in alpha, beta and functional diversity of an amphibian community in a biodiversity hotspot. *Neotro Biodivers*. 2019;5(1):60-68. <https://doi.org/10.1080/23766808.2019.1659022>
- Wiens JJ. Re-evolution of lost mandibular teeth in frogs after more than 200 million years, and re-evaluating Dollo's law. *Evolution*. 2011;65(5):1283-1296. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2011.01221.x>
- Wiens JJ, Pyron RA, Moen DS. Phylogenetic origins of local-scale diversity patterns and the causes of Amazonian megadiversity. *Ecol Lett*. 2011;14(7):643-652. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01625.x>
- Young B, Stuart S, Chanson J, Cox N, Boucher T. (2004). *Disappearing jewels: the status of new world amphibians*. NaturaServe (Vol. 2). Arlington, Virginia USA.
- Zorro JP. (2007). *Anuros de piedemonte llanero: diversidad y preferencias de microhábitat*. Pontificia Universidad Javeriana.

Alcibíades Escárraga: <https://orcid.org/0000-0001-5969-2214>
 Jairo Camacho: <https://orcid.org/0000-0001-8960-2718>